

**Automated phase division evaluation method for interferometer, used, e.g., in CCD array**

**Publication number:** DE19652113  
**Publication date:** 1998-06-18  
**Inventor:** SCHWIDER JOHANNES PROF DR (DE)  
**Applicant:** SCHWIDER JOHANNES PROF DR (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01J9/02; G01J9/00; (IPC1-7): G01J9/02  
- **European:** G01J9/02  
**Application number:** DE19961052113 19961214  
**Priority number(s):** DE19961052113 19961214

**Report a data error here**

**Abstract of DE19652113**

The method involves producing three or more interference images with a same phase distribution and with different average reference phases in a suitable manner at the interferometer output, and detecting and evaluating the images in parallel. The interferometer is preferably arranged as a polarization interferometer with orthogonal polarized partial radiation paths, whose relative phase position can be influenced through a suitable orientation of coupled double-refractive phase disks. The duplication of the output pupil of the interferometer is preferably undertaken with a suitably structured diffractive element as an element of the telescopic imaging system.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 52 113 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 J 9/02**

②① Aktenzeichen: 196 52 113.0  
②② Anmeldetag: 14. 12. 96  
④③ Offenlegungstag: 18. 6. 98

DE 196 52 113 A 1

⑦① Anmelder:  
Schwider, Johannes, Prof. Dr., 91056 Erlangen, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Echtzeitinterferometer mit "phase shift"-Auswertung in "single-frame"-Technik

DE 196 52 113 A 1

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, Interferogramme im Videotakt auszuwerten. Dabei soll das Phasenschiebe-Verfahren angewandt werden, welches hochgenaue Auswertungen der Phase erlaubt und nicht auf ein Streifeninterferogramm zurückgreift. Bei der Phasenschiebe-Interferometrie werden mindestens 3 Intensitätsbilder der gleichen Objektphasenverteilung benötigt, die sich bezüglich Ihrer Referenzphasenlage unterscheiden. Typischerweise werden Intensitätsbilder mit Vielfachen von  $\pi/2$  dazu verwendet. Gewöhnlich werden diese unterschiedlichen Intensitätsbilder zeitlich nacheinander erzeugt und in einem angeschlossenen Rechner gespeichert und verarbeitet. Dabei werden moderne Array-Empfänger, sogenannte CCD-Arrays, eingesetzt, die es erlauben, Datensätze mit bis zu  $1000 \times 1000$  Intensitätswerten aufzunehmen. Moderne Arrays ermöglichen sogar mehr als das 4-fache dieser Datenmenge, weshalb es verständlich erscheint, daß man mit einem Bild parallel mehrfach erzeugte phasengeschobene Intensitätsbilder der gleichen Phasenverteilung aufnimmt und einer Bearbeitung zuführt.

Zur Erzeugung von phasenverschobenen Interferenzbildern der gleichen Objektverteilung lassen sich unter anderem polarisationsoptische Mittel einsetzen. Durch unterschiedliche Polarisationsindizierung der beiden Strahlengänge lassen sich die Phasenlagen der beiden Strahlengänge noch nach Verlassen eines Polarisationsinterferometers beeinflussen. Da das Licht zwei orthogonale Polarisationen haben kann, lassen sich diese relativ zueinander verschieben, indem Phasenplatten geeigneter Orientierung vor einen Polarisator geschaltet werden, der letztendlich die beiden orthogonalen Wellen zur Interferenz zwingt. Man hat also die Aufgabe zu lösen, den Ausgang eines Polarisationsinterferometers geeignet zu vervielfältigen, wobei man aus Zweckmäßigungsgründen sich auf die Mindestzahl drei beschränken wird, um eine möglichst hohe Informationsdichte pro Einzelbild zu gewährleisten. Unter den Vervielfältigungsmöglichkeiten sind besonders diejenigen technisch interessant, die ein Minimum an Aufwand bei einem Maximum an Justiertoleranz garantieren. Hier wird deshalb vorgeschlagen, daß man ein spezielles Phasengitter in den teleskopischen Abbildungsstrahlengang im Interferometerausgang (Fig. 1) einbringt. Dieses Gitter soll so entworfen sein, daß im wesentlichen nur die drei niedrigsten ( $-1, 0, +1$ ) Beugungsordnungen mit Licht beliefert werden und obendrein auch noch mit gleicher mittlerer Intensität versehen sind. Ein solches Phasengitter läßt sich in Form eines sogenannten binären Ronchi-Gitters auslegen, wobei die phasenschiebenden Bereiche die gleiche laterale Weite haben sollen wie die nichtschiebenden. Durch geeignete Wahl der Furchentiefe kann man die Gleichverteilung der Intensität über diese 3 Ordnungen erzwingen. Wenn das Gitter in der Nähe der Fokalebene der Objektivlinse der teleskopischen Abbildungseinheit im Ausgang des Interferometers angeordnet wird, erhält man eine äquidistante Verdreifachung des auszuwertenden Interferenzbildes. Durch Drehen des Gitters relativ zum CCD-Array ist eine zeilentreue Abbildung der drei Bilder erreichbar. Durch Wahl der Vergrößerung des Teleskops läßt sich die CCD-Fläche optimal ausnutzen.

Man kann dann drei Interferenzbilder ( $I_1, I_2, I_3$ ) erhalten, die sich in der Phase jeweils um  $\pi/2$  voneinander unterscheiden. Aus diesen Interferenzbildern folgt dann Pixel für Pixel ein Phasenbild mod  $2\pi$  aus der folgenden Formel:

$$\Phi = \arctan \frac{I_1 - I_3}{2I_2 - (I_1 + I_3)}$$

Insbesondere ist an die Auswertung schnellablaufender Vorgänge gedacht, die durch Mehrfachbelichtungen zeitliche Zustandsänderungen sichtbar machen. Solche Aufgabenstellungen sind von der Hologramminterferometrie her bekannt und insbesondere auch von der Speckleinterferometrie. Bei letzterer Methode wird kein photographisches Speichermedium benötigt, da das stochastische Specklebild als Informationsträger für globale Phasenänderungen benutzt werden kann.

Insbesondere lassen sich auch mit solch schnellen Aufnahmetechniken Höhenschichtlinien erzeugen, selbst wenn das Objekt zeitlich im Raum nicht hinreichend stabilisiert werden kann. Zur Erzeugung von Schichtlinien sind Zwei-Wellenlängenmethoden eingeführte Technologien. Man hat nun dafür zu sorgen, daß zwei Sätze von jeweils 3 Aufnahmen in kurzem Zeitabstand oder gleichzeitig auf dem gleichen Empfängerframe untergebracht werden können.

Zu diesem Zweck kann man mittels Shutter das Array in zwei Subaperturen zerlegen, die sich abwechselnd schalten lassen und auf diese Weise zwei getrennte Auswertungen zulassen. Zur Vervielfältigung hat man dabei das diffraktive Element in der orthogonalen Dimension zur Dreiteilung derart zu strukturieren, daß nur die jeweils ersten Beugungsordnungen auftreten. Durch geeignete Wahl der Periode des DOE und der Brennweiten im teleskopischen System kann man für eine angepaßte Bildaufteilung sorgen.

Bei Zwei-Wellenlängenmethoden kann der Shutter auch durch ein zweigeteiltes Interferenzfilter mit unterschiedlichen und angepaßten Paßbändern ersetzt werden. Das ermöglicht auch die gleichzeitige Einstrahlung der beiden Wellenlängen in das Interferometer, wodurch sich der elektronische Aufwand vermindert.

Zweckmäßigerweise wird man mit gepulster Beleuchtung arbeiten, um auf diese Weise Interferometrie in gestörten Umgebungen machen zu können. Der Frame-Impuls der Kamera kann dann die benötigten Laserblitze auslösen.

#### Ausführungsbeispiel

Auf die Speckleinterferometrie angewandt, hat das Verfahren z. B. die folgende Ausprägung.

Das Licht von einem Laser wird mittels einer Polarisationsoptik in zwei senkrecht zueinander polarisierte Bündel geteilt, die in polarisationserhaltende Einmodenfasern eingekoppelt werden. Die eine Faser wird zur Objektbeleuchtung benutzt während die andere Faser Licht in das abbildende Objektiv einkoppelt. Damit hat man zwei senkrecht zueinander polarisierte Wellen erzeugt, die durch einen Polarisator zur Interferenz gebracht werden können. Für das Funktionieren der Speckleinterferometrie muß die Beobachtungsapertur hinreichend eingeschränkt werden und außerdem der offset Winkel der Referenzwelle ausreichend klein gehalten werden, damit die CCD-Kamera das Speckle-Korn hinreichend auflösen kann. Das Objekt wird in die Kameraebene scharf abgebildet, wobei in dem teleskopischen Abbildungssystem die diffraktive Vervielfältigungseinheit in Nähe der Fourierebene des Frontobjektivs angeordnet werden muß. Die doppelbrechenden Phasenplatten sowie das Polarisationsfilter werden direkt vor der Chipenebene der Kamera oder in einer Zwischenbildebene angeordnet. Auf das Polarisationsfilter folgt dann je nach Anwendung entweder der Verschuß oder ein geeignetes zweigeteiltes Interferenzfilter.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur schnellen automatisierten Auswertung von Phasenverteilungen in Interferometern, **dadurch gekennzeichnet**, daß in geeigneter Weise am Interferometerausgang 3 oder mehr Interferenzbilder der gleichen Phasenverteilung mit unterschiedlicher mittlerer Referenzphase erzeugt werden und parallel detektiert und ausgewertet werden. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Interferometer als Polarisationsinterferometer mit orthogonal polarisierten Teilstrahlengängen ausgelegt wird, die durch nachgeschaltete doppelbrechende Phasenplatten geeigneter Orientierung in ihrer relativen Phasenlage beeinflußt werden können. 10 15
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vervielfältigung der Austrittspupille des Interferometers mit einem geeignet strukturierten diffraktiven Element als Bestandteil des teleskopischen Abbildungssystems vorgenommen wird. 20
4. Verfahren nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Photodetektorfeld ein Polarisator zur Erzeugung des Interferenzbildes und ein optoelektronisch schaltbarer Verschluß angeordnet wird, derwahlweise eine Halbapertur freigibt bzw. verschließt. 25
5. Verfahren nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Verwendung von zwei oder mehreren Wellenlängen im Interferometer ein geteiltes Interferenzfilter vor den Photodetektor geschaltet wird, dessen eine Hälfte für die eine Wellenlänge und dessen andere Hälfte auf die benachbarte Wellenlänge abgestimmt ist und so in Kombination mit einem zweidimensionalen diffraktiven Element die parallele Auswertung von z. B. 2 mal 3 Interferenzbildern auf demselben Detektorfeld ausreichender Pixelzahl gestattet. 30 35
6. Verfahren nach Anspruch 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß das diffraktive Phasenelement in zwei orthogonalen Richtungen derart strukturiert ist, daß in der einen Richtung die ersten drei Beugungsordnungen gleichintensiv auftreten und in der dazu orthogonalen Richtung die plus/minus erste Beugungsordnung auftreten und daß durch passende Abstimmung der Perioden eine saubere und optimale Bildtrennung erfolgt. 40 45

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

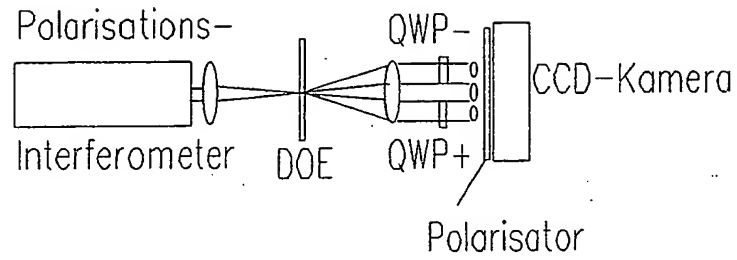


Fig. 1

